

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ ГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ

Нурисламова Р.Р.

Руководитель – проф., д.т.н. Фарбер В.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург
milly-593solnce@mail.ru

Исследованы высокопрочные стали типа 05Г2МБ (группа прочности К65 (Х80)), обладающие повышенной прочностью при высоком уровне пластичности и трещиностойкости.

Исследование проводилось методом просвечивающей электронной микроскопии на тонких фольгах, вырезанных из образцов газопроводных труб большого диаметра производства компаний Sumitomo и Europipe.

Структура стали производства Europipe представляет собой равноосные ферритные зерна размером 2...2,5 мкм с изогнутыми, очевидно, мигрирующими границами. Внутри зерен наблюдается повышенная плотность дислокаций ($\rho_d \approx 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$). На дислокациях обнаруживаются выделения дисперсных карбидов размером $\approx 250 \text{ \AA}$, четко наблюдаемые в микрообъемах, где ослаблен контраст на дислокациях.

Если дислокации в феррите стали производства Europipe распределены сравнительно однородно, то характерной чертой стали производства Sumitomo является стремление дислокаций сформировать субграницы (рис. 1).

В структуре обеих сталей имеются составляющие в виде реек толщиной 2...2,5 мкм с высокой плотностью дислокаций ($\rho_d \approx 1 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$), которые согласно литературным данным представляют собой игольчатый феррит, бейнит (мартенсит) (рис. 2).

В структуре стали Sumitomo количество реек с повышенной плотностью дислокаций (продуктов низкотемпературного распада аустенита) значительно меньше таковых, чем в структуре стали Europipe.

На ряду с высокодисперсными выделениями специальных карбидов в феррите наблюдаются частицы округлой формой (вероятно тех же фаз) размером меньше 0,1 мкм, равномерно распределенные внутри кристаллов феррита, бейнита, а иногда по их границам. Получить картины электронной дифракции с них не удалось, но по ряду морфологических признаков предполагается, что они сформировались в аустените, т.е. при температуре выше A_{r3} .

В структуре стали Europipe также обнаружены немногочисленные области вырожденного перлита и выделения в виде изогнутых прутков (размером около 1 мкм), тяготеющие к границам (рис. 3). Расчет

электронограмм, снятых с этих областей, показал, что они являются цементитом.

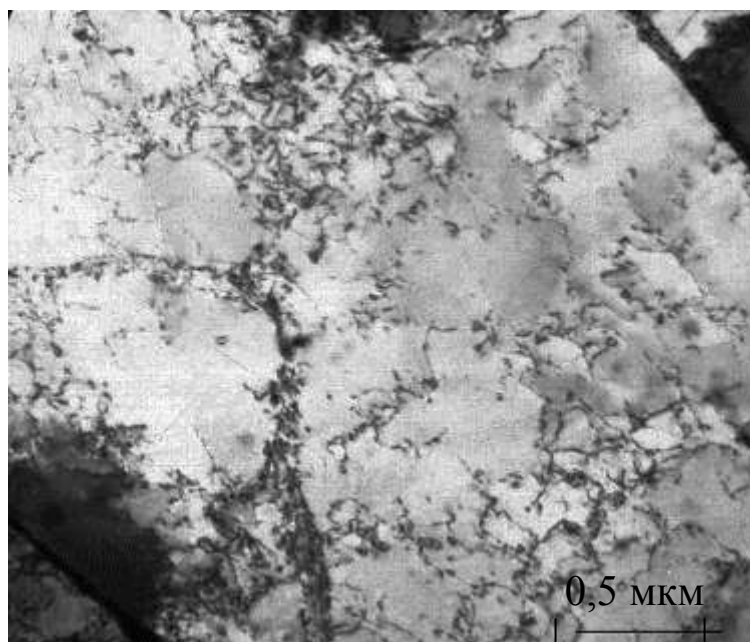


Рисунок 1. Микроструктура образца, вырезанного из труб производства Sumitomo, $\times 46000$

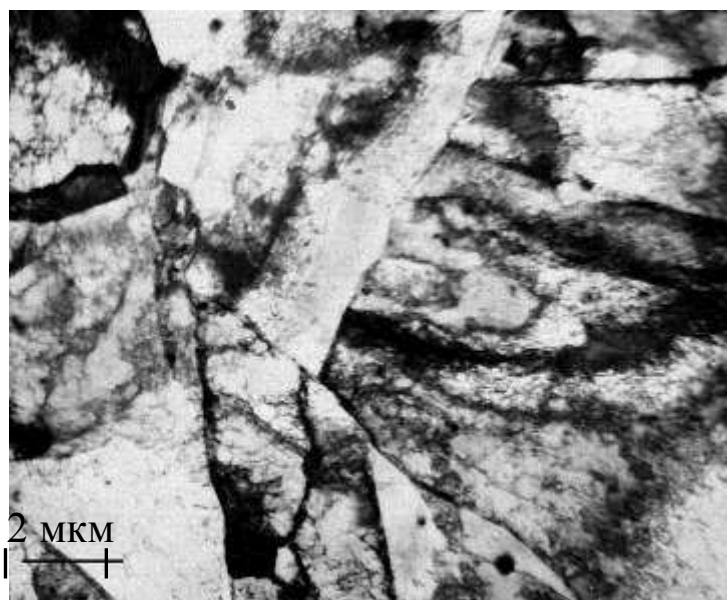


Рис.2. Микроструктура образца, вырезанного из труб производства Europipe, $\times 17000$

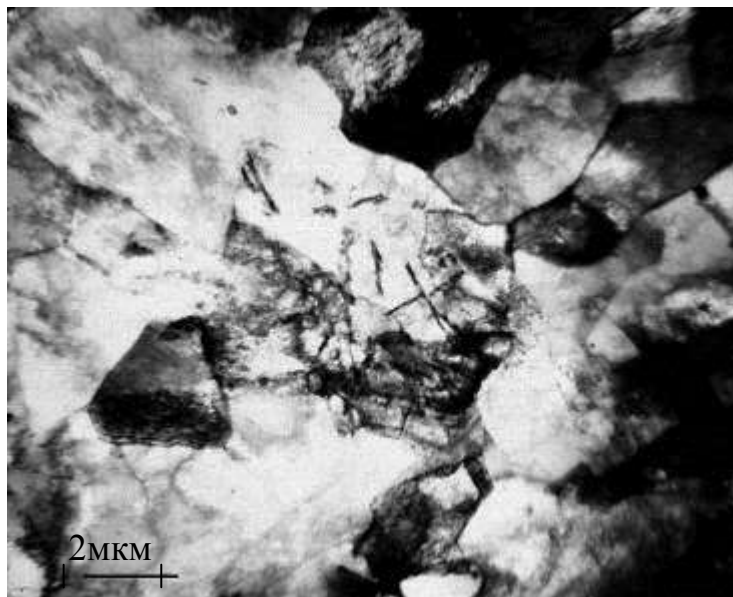


Рисунок 3. Микроструктура образца, вырезанного из труб производства Sumitomo, $\times 8000$

На электронограммах, полученных с обеих сталей, наряду с рефlekсами от феррита обнаруживаются весьма слабые отражения остаточного аустенита. Чаще всего они принадлежат немногочисленным округлым зернам (размером 2 мкм), окруженным зернами феррита. Внутри таких кристаллов наблюдается полосчатый контраст, который интерпретируется как дефекты упаковки, толщиной 0,04 мкм, что подтверждается расчетом микроэлектронограмм.